

51

Int. Cl. 2:

H 01 L 33/00

19 BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



DE 27 27 508 A 1

11

Offenlegungsschrift 27 27 508

21

Aktenzeichen:

P 27 27 508.7

22

Anmeldetag:

18. 6. 77

23

Offenlegungstag:

4. 1. 79

31

Unionspriorität:

22 23 31

54

Bezeichnung:

Lichtemittierende Diode mit hohem Wirkungsgrad

71

Anmelder:

Siemens AG, 1000 Berlin und 8000 München

72

Erfinder:

Hähnlein, Alfons, Dipl.-Phys., 6109 Mühlthal

DE 27 27 508 A 1

Deutsche Bundespost 2230

Lichtemittierende Diode mit hohem Wirkungsgrad

(6) Patentansprüche

1. Lichtemittierende Diode mit einer Einengung der strahlenden Fläche durch Ionenimplantation im umgebenden Bereich und Abstrahlung nach dem Lambert'schen Gesetz (Burrus-Typ),
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß das Halbleitergrundmaterial energetisch für die erzeugte Strahlung durchlässig ist und an seiner für den Austritt der Strahlung vorgesehenen Oberfläche mit einer beugenden und/oder brechenden Struktur einer solchen Dimensionierung im Hinblick auf den lokal verschiedenen Einfallswinkel der Raumwinkelstrahlung versehen ist, daß eine nach außen wirkende Parallelisierung der Raumwinkelstrahlung eintritt.
2. Lichtemittierende Diode nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, daß die beugende und/oder brechende Struktur unmittelbar in das Halbleitergrundmaterial eingebracht ist.
3. Lichtemittierende Diode nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, daß das Halbleitergrundmaterial als Träger für eine aus anderen Materialien zusammengesetzte beugende und/oder brechende Struktur dient, die in ihrem Ausdehnungskoeffizienten, ihrem Brechungsindex und ihrer Strahlungsdurchlässigkeit den entsprechenden Werten des Halbleitergrundmaterials ausreichend angepaßt sind.

...

909881/0208

ORIGINAL INSPECTED

2727508

Deutsche Bundespost 2230

4. Lichtemittierende Diode nach Anspruch 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet, daß die äußeren Teile der
beugenden und/oder brechenden Struktur unmittelbar in
das Halbleitergrundmaterial eingebracht sind und die
inneren Teile aus anderen angepaßten Materialien be-
stehen.
5. Lichtemittierende Diode nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, daß zur optimalen Anpassung an
die jeweilige numerische Apertur von optischen Faser-
wellenleitern zusätzlich optische Konzentratoren
zwischen der brechenden und/oder beugenden Struktur und
dem Faserwellenleiter vorgesehen sind.
6. Lichtemittierende Diode nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, daß das Halbleitergrundmaterial
aus Indiumphosphid besteht und die erzeugte Strahlung
bei 1,27 μm liegt.

809881/0208

ORIGINAL INSPECTED

Deutsche Bundespost 2230

Die Erfindung betrifft eine lichtemittierende Diode mit einer Einengung der strahlenden Fläche durch Ionenimplantation im umgebenden Bereich und Abstrahlung nach dem Lambert'schen Gesetz.

2727508

Derartige lichtemittierende Dioden vom sogenannten Burrus-Typ verwenden im allgemeinen Galliumarsenid (GaAs) als Ausgangsmaterial für die Epitaxie. Demzufolge besteht das Halbleitersubstrat über der strahlenden Fläche aus einem Material, das den emittierten Spektralbereich der Diode absorbiert. Deshalb müssen die Dioden einer besonderen Ätzung unterworfen werden, um das Galliumarsenid über der strahlenden Fläche zu entfernen (C.A. Burrus, "Radiance of Small High-Current-Density Electroluminescent Diodes" Proc. IEEE 60, p. 231, 1972).

Bei der Ankopplung einer solchen Diode vom Burrus-Typ an einen optischen Gradienten-Faserwellenleiter wirkt sich außerdem die von der strahlenden Fläche ausgehende nach dem Lambert'schen Gesetz erfolgende Raumwinkelstrahlung nachteilig aus. Das noch in den Faserwellenleiter einkoppelbare Licht ist in diesem Falle nur dem Quadrat der numerischen Apertur des Wellenleiters proportional. Diese Einschränkung kann durch Tapereinkopplung und Mikrolinsen zwar verkleinert, aber generell nicht beseitigt werden, zumal durch den hohen Brechungsindex der Halbleiterverbindungen der Grenzwinkel der totalen Reflexion sehr klein ist.

Die Aufgabe der Erfindung besteht nun darin, diesen nur sehr unvollkommenen Auskopplungs-Wirkungsgrad einer lichtemittierenden Diode vom Burrus-Typ nachhaltig zu verbessern. Mit der Verbesserung des Auskopplungs-Wirkungsgrades geht eine Vereinfachung der Herstellung durch Wegfall des Ätzprozesses einher.

...

809881/0208

02701 10 10 10

2727508

Deutsche Bundespost 2230

Diese Aufgabe wird nach der Erfindung dadurch gelöst, daß das Halbleitergrundmaterial energetisch für die erzeugte Strahlung durchlässig ist und an seiner für den Austritt der Strahlung vorgesehenen Oberfläche mit einer beugenden und/oder brechenden Struktur einer solchen Dimensionierung im Hinblick auf den lokal verschiedenen Einfallswinkel der Raumwinkelstrahlung versehen ist, daß eine nach außen wirkende Parallelisierung der Raumwinkelstrahlung eintritt.

Es sind bereits Halbleiter-Laserdioden bekannt, die als Halbleitergrundmaterial Indiumphosphid (In P) verwenden. Dieses Halbleitergrundmaterial ist für die in der Laserdiode erzeugte Strahlung ebenfalls vollkommen durchlässig. Der mit dieser Laserdiode erzielte Fortschritt besteht vor allem in der mittels einer Quarternärverbindung vom In Ga As P-Typ erzeugten, für die Übertragung in Faserwellenleitern besonders günstigen Wellenlänge von ca. 1,27 μm .

Derartige Laserdioden unterscheiden sich wegen des Vorhandenseins eines Resonators für die stimulierte Emission wesentlich von dem Aufbau einer Licht emittierenden Diode, weil bei Laserdioden die auszukoppelnde Strahlung nur in einer durch den Resonator festgelegten Ebene austritt. Infolgedessen tritt bei einer solchen Laserdiode mit Indiumphosphid als Halbleitergrundmaterial das oben angeführte Problem des geringen Auskoppelwirkungsgrades an einen Faserwellenleiter wegen des Fehlens einer Lambert'schen Abstrahlung nicht auf (Electronic Letters 3rd March 1977, Vol 13, No 5, S. 142).

...

ORIGINAL INSPECTED

809881/0208

2727508

Deutsche Bundespost 2230

Für die Ausbildung der beugenden und/oder brechenden Struktur auf der Halbleiteroberfläche einer licht-emittierenden Diode nach der Erfindung ergeben sich zwei grundsätzliche Möglichkeiten, die aber auch gemeinsam zur Anwendung gelangen können.

Einmal kann die beugende und/oder brechende Struktur unmittelbar in das Halbleitergrundmaterial eingebracht sein.

Zum anderen kann das Halbleitergrundmaterial als Träger für eine aus anderen Materialien zusammengesetzte beugende und/oder brechende Struktur dienen, die in ihrem Ausdehnungskoeffizienten, ihrem Brechungsindex und ihrer Strahlungsdurchlässigkeit den entsprechenden Werten des Halbleitergrundmaterials ausreichend angepaßt sind.

In einer weiteren Ausführungsform sind die äußeren Teile der beugenden und/oder brechenden Struktur unmittelbar in das Halbleitergrundmaterial eingebracht und die inneren Teile bestehen aus anderen angepaßten Materialien.

Vorteilhaft können zur optimalen Anpassung an die jeweilige numerische Apertur von optischen Faserwellenleitern zusätzliche optische Konzentratoren zwischen der brechenden und/oder beugenden Struktur und dem Faserwellenleiter vorgesehen sein.

Zweckmäßig besteht das Halbleitergrundmaterial aus Indiumphosphid und die erzeugte Strahlung liegt wie bei der bekannten Laserdiode bei $1,27 \mu\text{m}$.

...

809881/0208

ORIGINAL INSPECTED

2727508

Deutsche Bundespost 2230

Im folgenden wird die Erfindung anhand einer schematischen Darstellung eines Ausführungsbeispiels näher erläutert.

Die Figur zeigt von unten nach oben die bei derartigen lichtemittierenden Dioden übliche Wärmesenke, danach eine nicht näher bezeichnete Metallisierung zum Ausgleich von mechanischen Spannungen im Halbleitergrundmaterial und darüber zu beiden Seiten der Symmetrieachse S die im Beispiel mit Protonen bombardierten Bereiche des Halbleiters, welche die dazwischen liegende aktive Fläche des pn-Übergangs einengen. Unten liegt der p-leitende, oben der n-leitende Halbleiterbereich. Beide Bereiche bestehen beispielsweise aus In Ga As P. Nach der sich über die gesamte Fläche erstreckenden Halbleiterschicht vom n-Typ folgt das Halbleitergrundmaterial (Substrat) aus beispielsweise In P, auf dem die Diodenstruktur epitaktisch aufgebracht wurde. Die In P-Schicht erstreckt sich in im wesentlichen konstanter Stärke über die gesamte Fläche. Da sie für die erzeugte Strahlung durchlässig ist, braucht keine Ätzung zu erfolgen. An der für den Strahlungsausstritt vorgesehenen Oberfläche ist im Ausführungsbeispiel eine Fresnel-Linsenstruktur in den Halbleiter eingebracht. Die Winkelabmessungen der Fresnel-Linsenstruktur der Fig. stellen keine Lehre für die tatsächlichen Oberflächenbegrenzungen z.B. für In P als Halbleitergrundmaterial dar.

Wie strichliert angedeutet, kann die für den Austritt der Strahlung vorgesehene Oberfläche auch lediglich als Träger für beispielsweise aus speziellen Glasverbindungen hergestellte Fresnel-Linsen dienen. Dann ist die Oberfläche des Halbleitergrundmaterials eben ausgeführt. Die Aufbringung

...

809881/0208

2727508

Deutsche Bundespost 2230

der Fresnel-Linsenstruktur kann auch durch einen Druckvorgang mit einem entsprechend ausgebildeten Stempel in ein thermoplastisches Material hinein erfolgen.

Die Aufbringung der Fresnel-Linse wird technologisch erleichtert, wenn ihre äußeren Teile unmittelbar in das Halbleitergrundmaterial eingebracht sind, während die inneren Teile, die nur eine geringe Höhendifferenz im Verhältnis zu den äußeren Teilen der Linsenstruktur aufweisen, beispielsweise aus einer speziellen Glasverbindung bestehen.

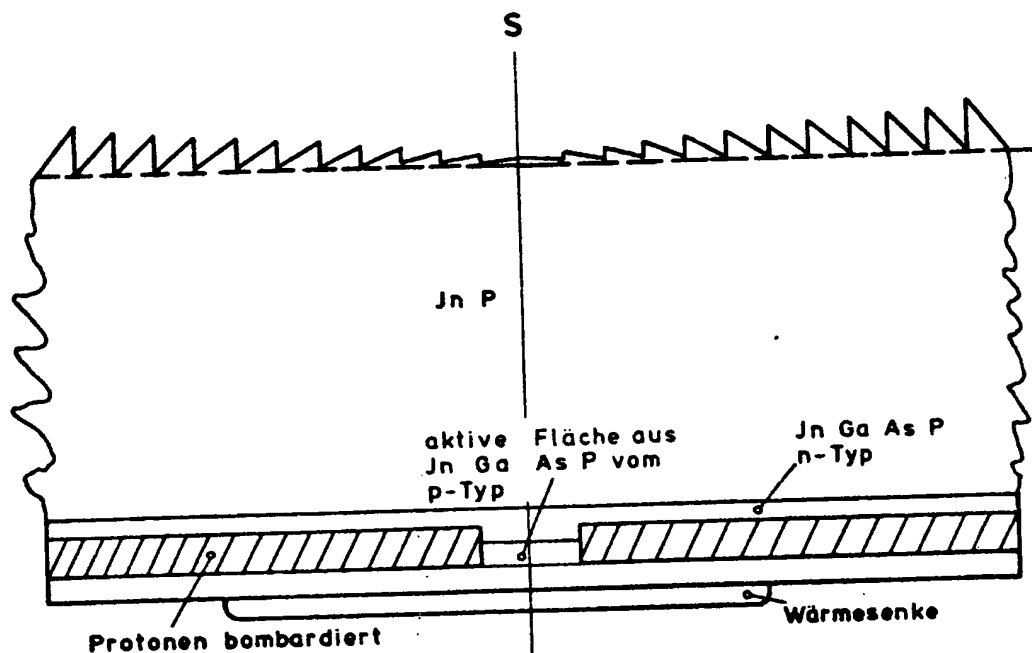
Schließlich kann die Aufbringung einer brechenden und/oder beugenden Struktur auf die Oberfläche eines für die betreffende Strahlung durchlässigen Halbleiters in Anwendung des Reziprozitätsprinzips nicht nur auf Lichtsender, sondern auch auf Lichtempfänger erfolgen. Besonders vorteilhaft wird sich die Anwendung der Erfindung bei mit Wide-Gape-Emittern versehenen Phototransistoren auswirken, wie sie beispielsweise in der DT-PS 10 21 488 beschrieben sind.

809881/0208

- 8 -
Leerseite

Nummer: 27 27 508
Int. Cl.2: H 01 L 33/00
Anmeldetag: 18. Juni 1977
Offenlegungstag: 4. Januar 1979

- 9 -
2727508



809881/0208

Deutsch Bundespost 2230...